



# **RATATÖISSÄ KÄYTETTÄVIEN PAALULAATTOJEN KUSTANNUSTEN JA TOTEUTUSTAPOJEN VERTAILU**

Janne Koivisto

Opinnäytetyö  
Elokuu 2015  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

KOIVISTO, JANNE:

Ratatöissä käytettävien paalulaattojen kustannusten ja toteutustapojen vertailu

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 12 sivua  
Elokuu 2015

---

Tässä opinnäytetyössä on vertailtu ratatöissä käytettäviä eri paalulaattoja niin toteutuksen, kustannusten kuin ajankäytön puolesta. Työssä on pyritty huomioimaan paalulaattojen toimintatapojen hyötyjä sekä haittoja ja kuinka ne vaikuttavat rakentamiseen sekä kustannuksiin. Työn taustalla on ratarakenteiden perusrakenteiden tekeminen, jolla parannetaan ratarakenteen kantokykyä, kasvatetaan kohtauspaikkojen määrää tai parannetaan sekä ylläpidetään suurempia nopeusrajoituksia rataosuudella. Työn tarkoituksena on selvittää useampien paalulaattatyypien käyttövaihtoehtoja ja kuinka niitä voi jatkossa kehittää paremmin radan perusrakenteen vaihtoehtoisiksi.

Työssä verrattavat paalulaatat ovat niin paikallavalettavia laattoja kuin asennettavia teräsbetonisia tai jännitettyjä elementtilaatta ratkaisuja. Toteutustavoista sekä laattatyypien hyödyistä ja haitoista työhön on saatu tietoa haastattelututkimuksen ansiosta. Haastateltavat henkilöt ovat paalulaattojen kanssa tekemisissä olevia asiantuntijoita.

Työssä vertailtavien paalulaattojen materiaalienekit sekä työsaavutukset ovat osalla paalulaatoista saatu toteutuneista työkohteista. Toiset paalulaatta -vaihtoehdot eivät ole vielä päätyttyä toteutukseen vaan ovat suunnittelu vaiheessa ja näiden materiaalienekit sekä työsaavutukset ovat arvioituja. Paalulaattatyypien kustannuslaskenta on tehty FORE- kustannuslaskenta ohjelmalla.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

KOIVISTO, JANNE:

Comparison of the costs and methods of implementation of the pile slabs which are used in the track work

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 12 pages  
August 2015

---

In this thesis different pile slab which are used in the track work have been compared so in this dissertation for realization, costs like the use of time. In the work an attempt has been made to pay attention to the advantages and drawbacks of the ways of action of pile slabs and how they affect building and costs. In the background of the work there is the doing of the renovations of track structures with which the carrying capacity of the track structure is improved, the number of the meeting places is expanded or cured and bigger speed limits are maintained with the track share. The purpose of the work is to clarify use alternatives at more pile slab and how can the renovation of the track develop them better in the future as alternatives.

In the work the pile slabs to be compared are there so plates to be cast as installed, steel concrete or stretched element plate solutions. Information has been obtained to the work thanks to the interview study about the methods of implementation and advantages and drawbacks of plate types. The persons to be interviewed are experts in the doing with the pile slabs.

In the work the comparing material consumptions and achievements of pile slabs are obtained with some of the pile slabs from the projects which have come true. The second alternatives of pile slabs have not ended up in the realization yet but will be planning at the stage and their material consumptions and achievements are estimated. Pile slabs cost accounting of types has been made with the program, the FORE cost accounting.

---

Key words: track, skill structure, pile slabs

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖSKENTELY RATAYMPÄRISTÖSSÄ.....	6
3	PAALULAATTARAKENTEET .....	9
3.1	Yleisesti.....	9
3.2	Paalujen valinta.....	9
3.3	Paikallavalulaatat .....	10
3.3.1	Tasapaksu laatta .....	10
3.3.2	Sienilaatta.....	11
3.3.3	Palkkilaatta.....	12
3.3.4	Apusillan alla rakennettava paalulaatta.....	13
3.3.5	Tunkattavat paalulaatat .....	14
3.4	Teräsbetoniset elementtilaatat.....	15
3.4.1	Kolmen ja neljän paalun varaan asennettava elementtilaatta.....	16
3.4.2	EP elementtipaalulaatta.....	18
3.5	Jännitettävät elementtilaatat.....	19
3.6	Siirtymärakenne .....	21
4	PAALULAATTOJEN KUSTANNUKSET .....	22
4.1	Laskentaperiaatteet .....	22
4.2	Paikallavalettavat laatat .....	23
4.3	Liikennekatkoissa asennettavat elementtilaatat .....	24
4.4	Kustannusvertailu .....	26
4.5	Ratatekniset kustannukset.....	30
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	33
	Liite 1. Tasapaksunlaatan kustannuslaskenta.....	33
	Liite 2. Sienilaatan kustannuslaskenta.....	34
	Liite 3. EP elementtipaalulaatan kustannuslaskenta teräspalkkipaaluilla .....	35
	Liite 4. EP elementtipaalulaatan kustannuslaskenta teräsbetonipaaluilla .....	36
	Liite 5. Kolmiolaatan kustannuslaskenta.....	37
	Liite 6. Neljän paalun elementtilaatan kustannuslaskenta.....	38
	Liite 7. Jännitettyjen elementtilaattojen kustannuslaskelma .....	39
	Liite 8. Apusillan alla rakennettavan paalulaatan kustannuslaskelma .....	40
	Liite 9. Tunkattavan paalulaatan kustannuslaskelma .....	41
	Liite 10. Haastattelututkimuksen kysymykset.....	42

## 1 JOHDANTO

Suomessa suuri osa tavara- sekä henkilöliikenteestä kulkee junaraiteita pitkin, jolloin radalla liikennöinti pitää olla turvallista. Osa raideosuuksista on rakennettu aikanaan heikolle maaperälle tai olevat rakenteet vaativat korjausta, tämän takia joudutaan kyseisiä raideosuuksia vahvistamaan esimerkiksi paalulaatoilla. Tässä opinnäytetyössä selvitetään työteknisesti, kustannuksien sekä ajankäytön puolesta parhaita vaihtoehtoja vahvistamaan ratarakennetta paalulaatoilla. Paalulaattatyypien valintaan vaikuttaa rakennetaanko uutta raidetta vai perusparannetaanko vanhaa. On kuitenkin huomioitavaa, että uuden raiteen rakentamista ja vanhan raiteen perusparannusta ei voi suoraan verrata toisiinsa koska vanhoilla raideosuuksilla on junaliikennettä, joten työt tulee tehdä yleisesti liikennekatkoissa.

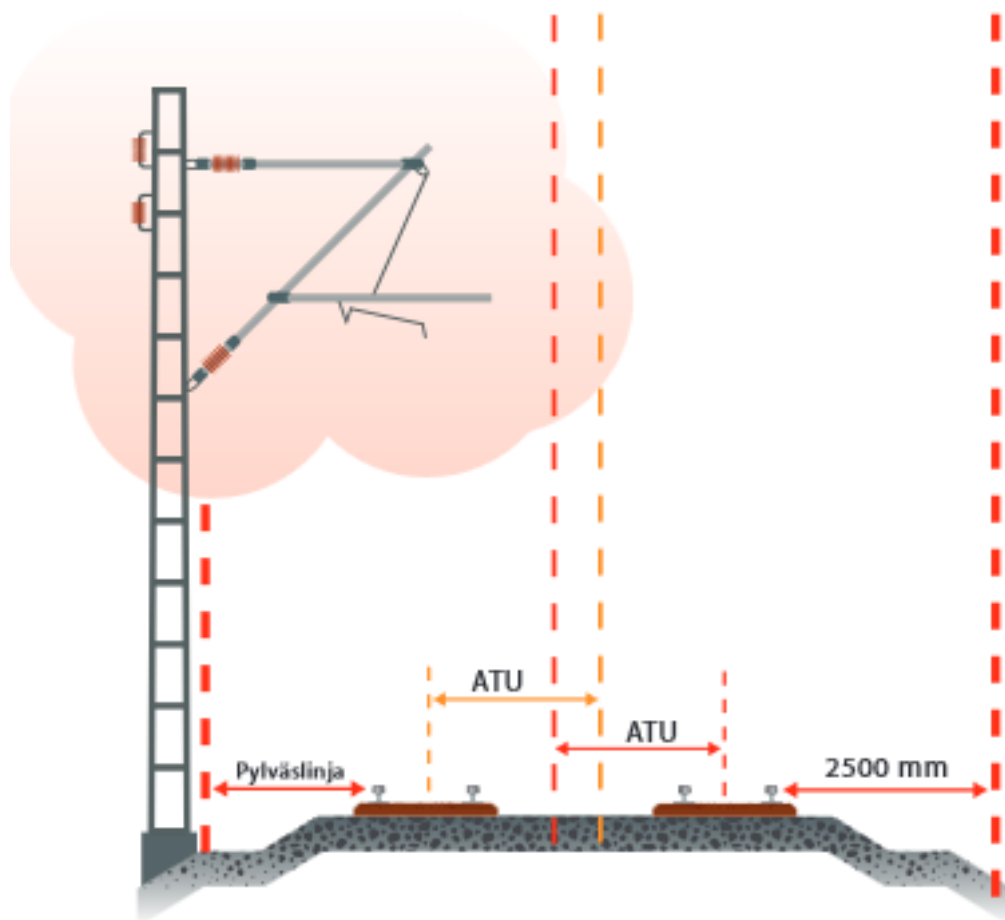
Heikoille maaperille rakennettaessa on ongelmana maan heikko stabiliteetti, joka aiheuttaa toteukselle usein ongelmia rakennettaessa radan välittömässä läheisyydessä. Esimerkiksi hankkeella Ruha - Lapua kaksoisraide, tapahtui läjitysalueen liikehdintä heikosta stabiliteetista sekä suuresta massasta johtuen. Tämä aiheutti ongelmia rakennettavalla paikallavalulaatalla.

Opinnäytetyöhön tehtiin asiantuntijahaastatteluita, kts liite 10, joiden vastauksilla pystyttiin laajentamaan käsitystä paalulaatoista. Tällöin pystyi arvioimaan mitkä paalulaatat sopivat tiettyihin kohteisiin paremmin kuin muut, sekä mitkä tekijät rajaavat paalulaattojen käyttöä. Haastateltavat henkilöt ovat työskennelleet paalulaattojen kanssa aiemmin niin suunnittelun kuin toteutuksen puolella. Opinnäytetyöhön haastateltavia henkilöitä oli kuusi.

## 2 TYÖSKENTELY RATAYMPÄRISTÖSSÄ

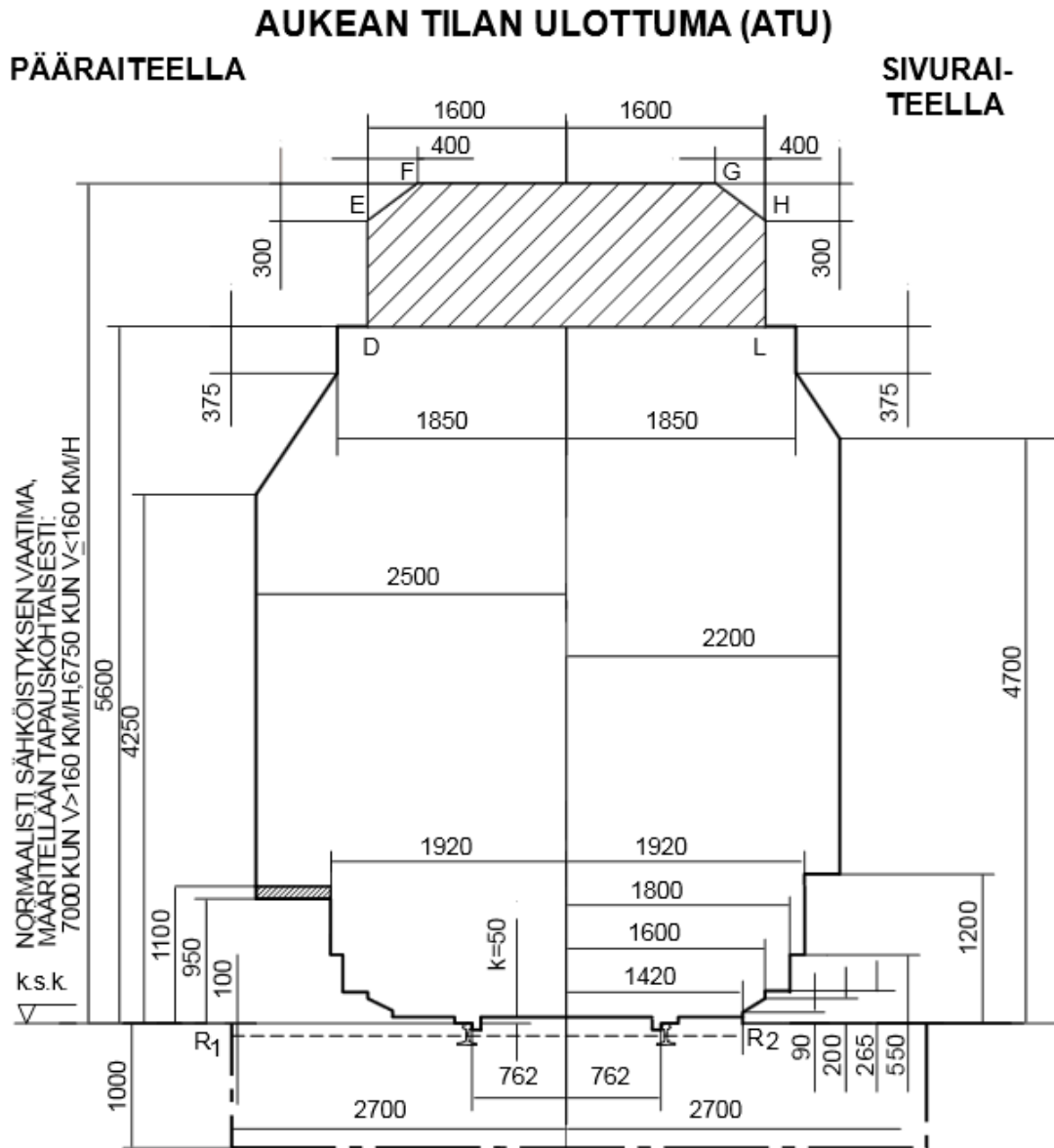
Työskentely rataympäristössä vaatii aina huolellista työn suunnittelua sekä toteuttamista. Suurin osa rautatieverkostosta on sähköistettyä sekä vilkkaasti liikennöityjä. Tämä tarkoittaa, että radalle on määritelty suojaetäisyyksiä joiden sisäpuolella ei saa työskennellä ilman lupia tai turvamiesmenettelyä.

Kuvan 1 mukainen ratatyön suojaulottuma (RSU), on raidetta pitkin ulottuva tila, alueen sisäpuolella ei saa työskennellä ilman ratatyölupaa tai turvamiesmenettelyä (Liikennevirasto 2015, 10).



Kuva 1. Ratatyön suojaulottuma (Liikennevirasto 2015).

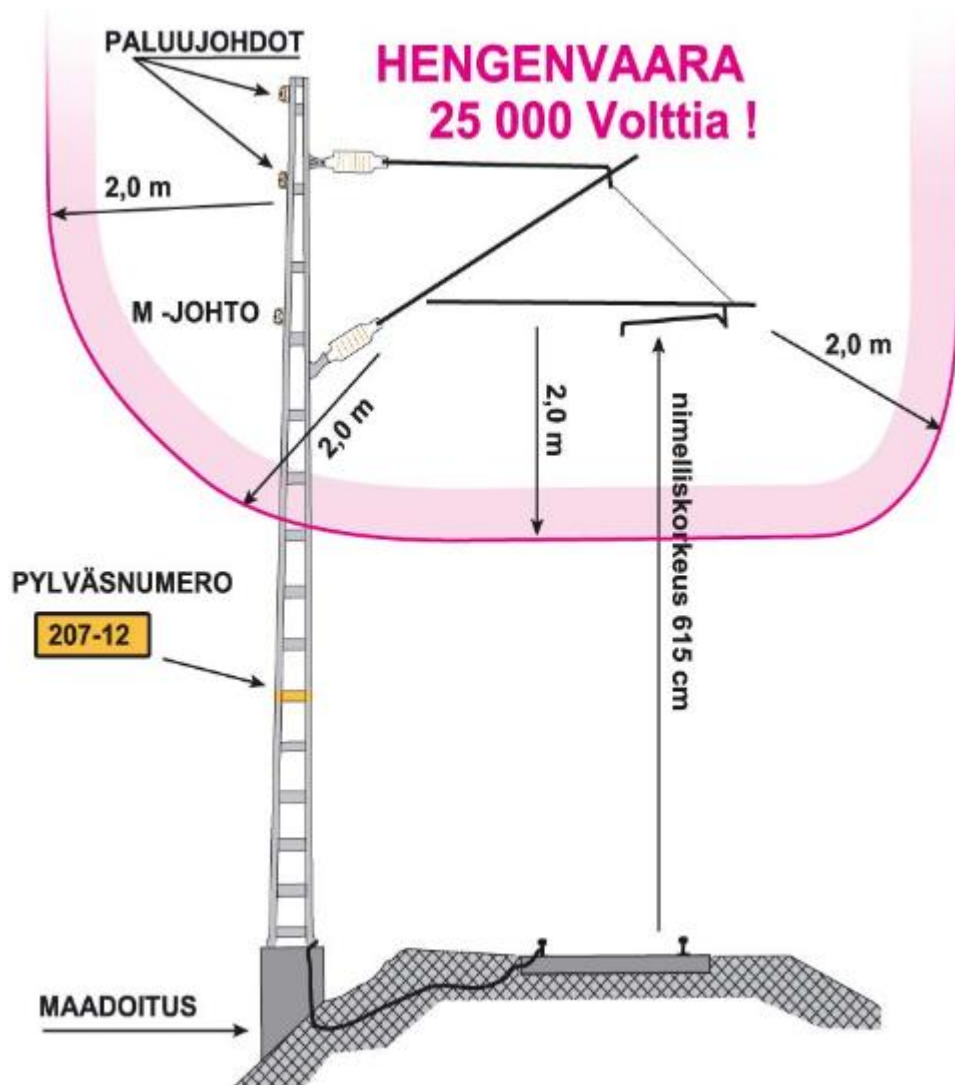
Kuvan 2 mukainen aukean tilan ulottuma (ATU) tarkoittaa raiteen pituussuunnassa olevaa tilaa, jossa ei saa olla kiinteitä rakenteita tai laitteita. (Liikennevirasto 2010, 47).



Kuva 2: Aukean tilan ulottuma (Liikennevirasto 2011).

Sähköradalla tarkoitetaan rataosuutta, jossa radan ajolangoissa kulkee suuria määriä virtaa. Suomessa käytettävät sähköistysjärjestelmät ovat 25 kV tai 2 x 25kV, eli kyseinen virtamäärä on hengenvaarallista. Kuten kuvassa 3 on esitetty pienimmäksi suojaetäisyydeksi sähköradalla työskentelyyn on määritelty ajolangasta 2 m. Tämän suojaetäisyyden sisäpuolella ei saa sijaita työntekijän mikään ruumiinosa tai käytössä oleva työkalu. (Ratahallintokeskus 2009, 5).

Kuvan 3 mukaisella sähköistetyllä rataosuudella voidaan työskennellä, jos kyseiselle työalueelle on tehty jännitekatko. Jännitekatko vaaditaan jos sähköturvallisuudesta työn aikana ei voida varmistua täysin tai pienin suojaetäisyys alittuu työkohteella. Jännitekatkon aikana jännitekatkoalueella voivat junat liikennöidä. (Liikennevirasto 2015, 18).



Kuva 3. Sähköistetyr radan suojaetäisyydet. (Liikennevirasto 2015, 17)

Turvamiesmenettelyllä voidaan työtä tehdä rataosuudella, jolloin käytävissä olevat työkalut ovat nopeita siirtää pois ATU:n ulkopuolelle. Turvamiesmenettelyä käytettäessä raiteella oleva nopeus saa enintään olla 140 km/h. Turvamiestä on mahdollista käyttää myös silloin, kun kohteessa tarvitsee varoittaa työskenteleviä työmiehiä sekä koneita ohittavasta junasta. Turvamiesmenettelyä ei saa käyttää kohteissa, joissa ei ole riittävää väistö- tai näkemäaluetta. (Liikennevirasto 2015, 50).



### **3 PAALULAATTARAKENTEET**

#### **3.1 Yleisesti**

Paalulaattarakenteella tarkoitetaan paalujen varaan rakennettavaa yhtenäistä teräsbetonista kansirakennetta. Näitä rakenteita käytetään pääsääntöisesti alueilla, joissa pohjamaan kantavuus on heikkoa ja painumien hallinta haastavaa. Paalulaattarakenteiden katsotaan olevan painumattomia rakenteita, joten on huomioitava painumattoman rakenteen ja maanvaraisen osuuden siirtymäosuus huolella.

Paaluina käytetään teräsbetoni- tai teräsputkipaaluja kohteesta ja sen haastavuudesta riippuen. Paalulaattarakenteet jaetaan yleisesti kahteen ryhmään: paikallavalulaattoihin sekä liikennekatkossa asennettaviin elementtilaattoihin.

Jos paalulaatan päälle tuleva pengerkerros on alle 1,4 m, tulee tällöin rakenne mitoittaa siltarakenteena. Kaikki paalulaatat sekä siltarakenteet mitoitetaan aina tapauskohtaisesti, siltarakenteilla rakenteen vaatimustasot ovat suuremmat. (Liikennevirasto 2014, 16).

#### **3.2 Paalujen valinta**

Paalutuksen osuus niin työssä kuin kustannuksissa on suuri rakentaessa paalulaattoja, joten on tärkeä selvittää mitkä tekijät vaikuttavat oikeiden paalujen valintaan. Paikallavalulaatoissa käytetään lähes aina teräsbetonipaaluja, koska tämä on kustannuksiltaan järkevämpi ratkaisu. Radankorjauskohteissa suositetaan käytettäväksi teräspaaluja, koska paalut pystytään lyömään ratapenkereen lävitse, sekä katkaisemaan heti paalutuksen jälkeen, joten se ei tällöin haittaa junaliikennettä.

Paalutettaessa on huomioitava paalujen katkaisu aukean tilan ulottuman (ATU) rajojen sisältä tai sen välittömästä läheisyydestä, tarkkailtava ratapenkereen liikkumista, sekä huomioitava paaluille osoitetut kaltevuudet. Myös paalutuksessa tulee oleellisesti huomioida, onko rata paalutettavalta alueelta sähköistetty, ja onko ratajohtopylväät tai niiden perustukset haitallisesti paalutuksen tiellä. (Partala 2015, 16.)

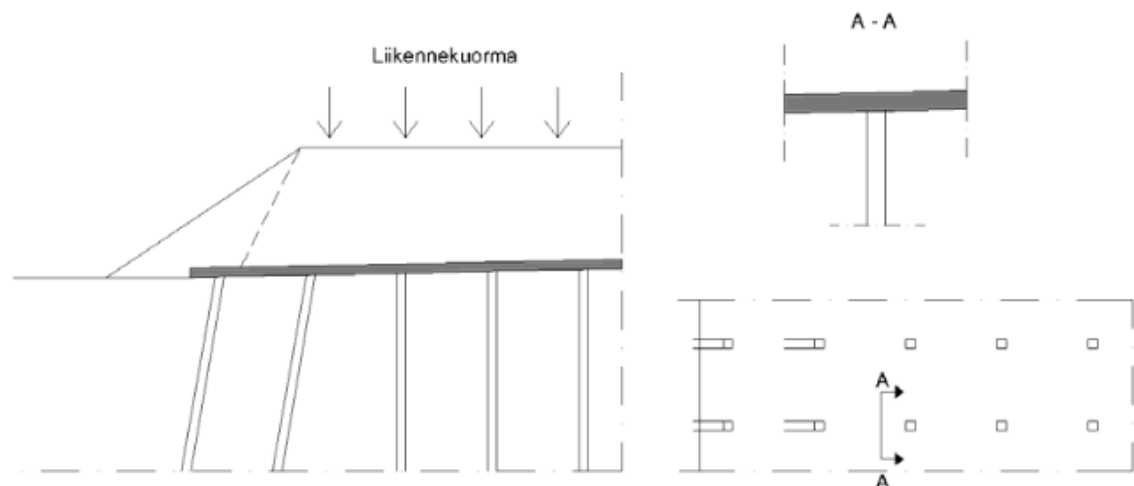
Paalukaltevuksissa on suositeltavaa käyttää maksimi kaltevuutta 5:1, koska tätä jyrkemmissä kaltevuuksissa alkaa paalun yläpuoliset maakerrokset olla kuormittava tekijä paalulle. Yläpuolisten maakerrokset saattavat myös aiheuttaa paalulle vaurioita sekä mittapoikkeamia.

### 3.3 Paikallavalulaatat

Paikallavalulaattoja käytetään sellaisissa kohteissa, joissa liikenne sen sallii. Rakenne on hidas toteuttaa johtuen paalutuksesta, sekä betonin tarvittavan loppulujuuden saavuttamisesta. Kun tarvittava loppulujuus on saavutettu, voidaan rakennetta kuormittaa.

#### 3.3.1 Tasapaksu laatta

Kuvan 4 mukainen tasapaksu laatta yhdistyy paaluihin tasaisella laattarakenteella. Rakenteessa on huomioitava paalujen läpileikkautuminen laattarakenteesta, jota hallitaan raudoituksella, laatan rakennepaksuutta tai betonin lujuutta kasvattamalla. Laattarakenne on vaihtoehtoisista laattatyypeistä toteutukseltaan nopein johtuen suorista linjoistaan. Rakenteen laattaosan paksuus on muihin laattatyyppeihin huomioiden suurempi, jolloin rakenteeseen kuluu betonia sekä terästä muita laattatyyppejä enemmän. Tasapaksu laatta sallii paaluille suuremman sijaintipoikkeaman, mutta tämä on kuitenkin huomioitava lävistysmitoituksessa raudoitusta kasvattamalla. (Liikennevirasto 2014, 13.)

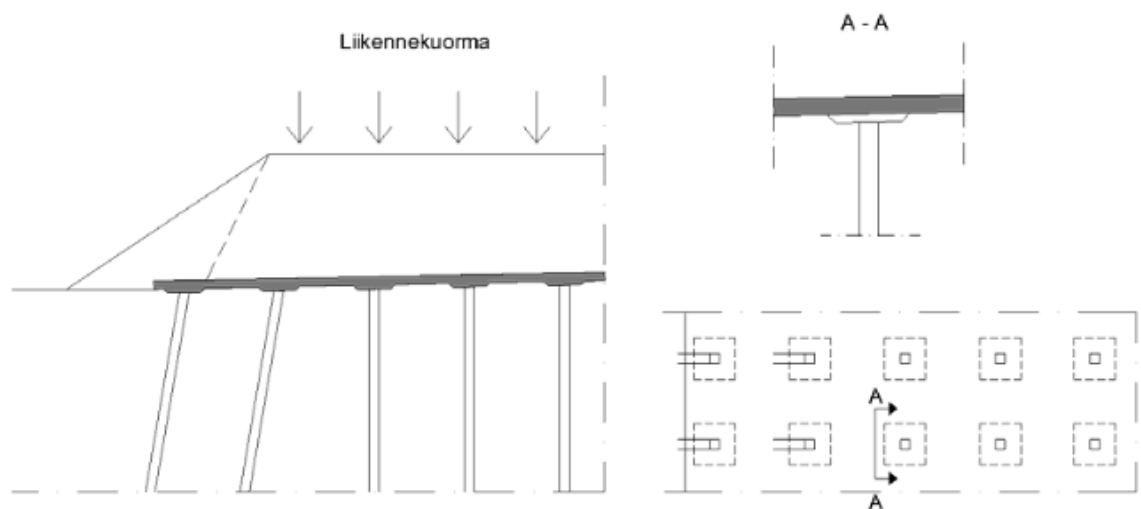


Kuva 4: Tasapaksun laatan rakennekuva (Liikennevirasto 2014, 14).

### 3.3.2 Sienilaatta

Kuvan 5 mukainen sienilaatta on yleisesti eniten käytetty paalulaattarakenne ratatyön paalulaattana. Sienilaatassa rakenteesta sekä rakennekerroksista tulevia kuormia keskitetään jokaiselle paalulle katkaistuilla nelikulmaisilla kartion mallisilla betonirakenteilla. Tämän ansiosta pystytään laattaosan paksuutta säätelemään hoikemmaksi, koska paalujen läpileikkautuvuus on huomattavasti pienempi. Sienilaatassa pohjatöiden sekä sienien muotoilun osuus on erittäin paljon aikaa vievä työvaihe. Paalutuksen sijaintipoikkeamat vaikuttavat sienien rakenteeseen voimakkaasti, joten paalutuksen toleransseissa sallitaan huomattavasti pienempiä mittapoikkeamia kuin tasapaksussa laatussa. (Liikennevirasto 2014, 13.)

Sienilaattaa rakentaessa on huomioitava, millä tasolla pohjavesi kyseisellä alueella on, koska rakenteen sieniin on mahdollista kerääntyä vettä. Tästä voi johtua rakenteen lossaaminen, joka hankaloittaa raudoittamista ja massamäärien hallintaa. (Kaukola 2015.)



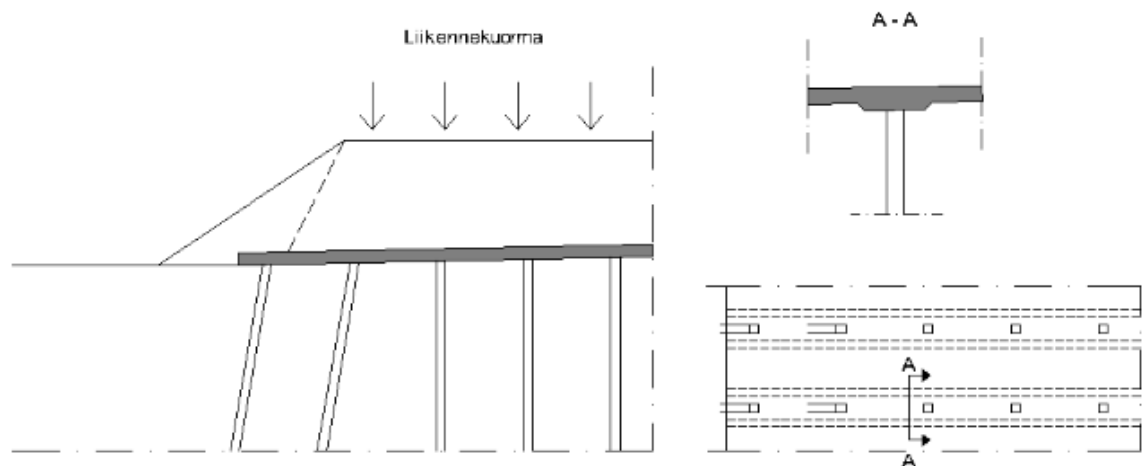
Kuva 5: Sienilaatan rakennekuva (Liikennevirasto 2014, 14).

### 3.3.3 Palkkilaatta

Kuvassa 6 esitetyn palkkilaatan rakenteellinen toiminta perustuu pääraudoitettuun palkkikaistaan sekä sitä kohtisuoraan pääraudoitettuun laattaosaan. Palkkilaatan etuina voidaan pitää työn ja suunnittelun kannalta laattatyypin suoraviivaisia muotoja. Palkkilaatan haasteelliseksi tekee palkkikaistan suuntaisten paalujen erittäin pienet sallitut mittapoikkeamat. Palkkikaista muotoillaan maa-aineksella. Palkkilaatan kustannuksia kasvattaa suurempi betonimenekki, joka myös kasvattaa rakenteen omaa painoa. (Liikennevirasto 2014, 13.)

Palkkilaattarakennetta käytetään paalulaattoina ratakohteissa varsin vähän, koska rakenne vastaa mitoitukseltaan tasapaksua laattaa. Palkkilaatta on hankalampi valmistaa kuin tasapaksu- tai sienilaatta.

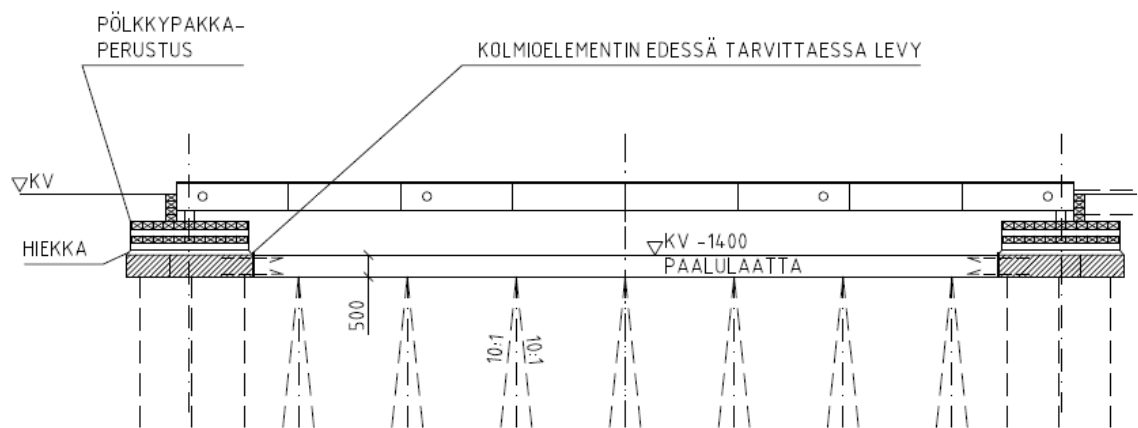
Palkkilaattarakenteessa palkkikaista mahdollistaa pohjaveden kertymisen rakenteeseen, mikä sienilaatan sienien tavoin voi aiheuttaa rakenteen lossaamisen. Tämä puolestaan hankaloittaa raudoittamista ja massamäärien hallintaa. (Kaukola 2015.)



Kuva 6: Palkkilaatan rakennekuva (Liikennevirasto 2014, 14).

### 3.3.4 Apusillan alla rakennettava paalulaatta

Apusillan alla rakennettava paalulaatta on vaihtoehtoinen perusparannusmenetelmä jo olemassa olevalla rata-alueella tehtäväksi. Menetelmä toimii rakentamalla radan tilalle useammasta 20 m apusillasta rataosuus, jossa apusiltojen liitoskohtiin rakennetaan teräsbetonipaalujen varaan kolmiolaatoista tukilaatta, joka mahdollistaa työskentelyn apusillan alla, katso kuva 7. Apusillan alle rakennettavana paalulaattaratkaisuna on suotavaa käyttää joko sieni- tai tasapaksua laattaa.



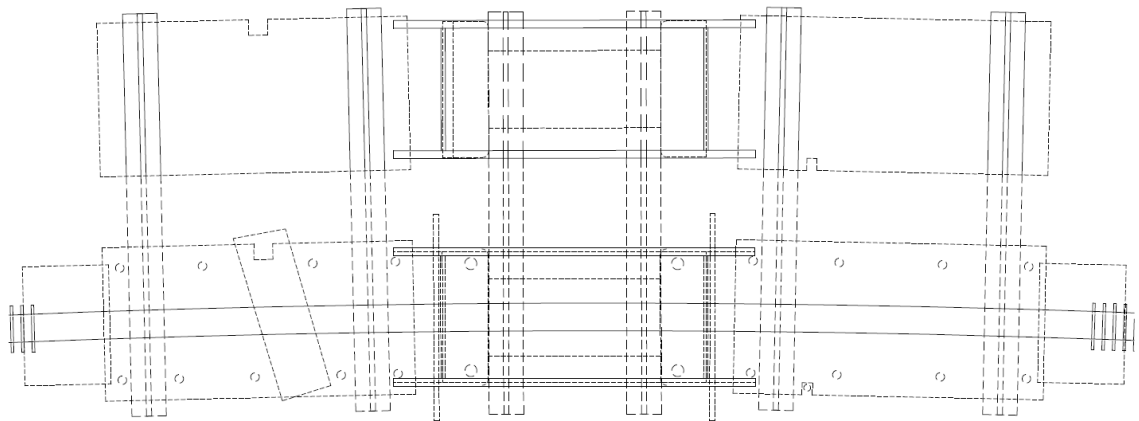
Kuva 7. Apusillan alla rakennettavan paalulaatan rakennekuva (Mantere 2014).

Haasteena rakenneratkaisussa on työnaikaisen tilanteen heikko vaakakapasiteetti ja paalujen kantokyky apusillalta välittyville kuormille. Tämä johtuu apusillan peruslaatan huonosta kuormien vastaanottokyvystä. Toisekseen haasteita tuo apusillan ja paalulaatan välisen tilan ahtaus, tämä haittaa ainakin paalutusta, raidoitusta sekä betonointia.

Rakenneratkaisua ei ole vielä toteutettu, mutta suunnitelmat on laadittu vaihtoehtoisena ratkaisuna muutamaan kohteeseen. Kyseisissä kohteissa, joissa kyseistä rakenneratkaisua on suunniteltu, on kuitenkin todettu järkevämmäksi rakentaa paalulaatta toisella menetelmällä.

### 3.3.5 Tunkattavat paalulaatat

Tunkattavista paalulaatoista ei ole aikaisempaa kokemusta valmistuneista kohteista. Parhaillaan on käynnissä kuvan 8 mukainen kohde Virusmäen alikulkusilta, jossa itse sillan asennus suoritetaan tunkkaamalla. Kohteessa käytetään ensimmäistä kertaa tunkkausmenetelmää pengerlaattojen siirtämiseen suunniteltuun sijaintiin. Tunkattavat paalulaatat ovat hyviä vaihtoehtoja liikennöidyn radan perusparannusratkaisuiksi. Paalulaattaratkaisussa rakennetaan paalulaatta radan sivussa, laattatyypinä suositetaan tasapaksua laattaa. Paalutus pyritään tekemään ratapenkereen lävitse, jolloin ei aiheutuisi haittaa liikenteelle. Tämän jälkeen liikennöidyllä radalla on vain yksi liikennekatko, jonka aikana tunkataan paalulaatta suunniteltuun sijaintiin. Kun paalulaatta on paikoillaan, se lasketaan laakereiden varaan, jolloin paalujen ympäri asennettuilla liitosholkeilla yhdistetään paalut paalulaattaan. Liitoskohta toimii jäykkänä rakenteena.



Kuva 8. Virusmäen alikulun tunkattavien paalulaattojen työtapiirros. (Destia 2015).

### 3.4 Teräsbetoniset elementtilaatat

Elementtilaatat ovat esivalmistettuja, voimakkaasti raudoitettuja teräsbetonisia laattoja. Niitä käytetään kohteissa, joissa perusparannetaan liikennöidyn radan rakennetta, nostetaan kantokykyä sekä pyritään hallitsemaan radan painumia. Yleisimmin käytettyjä laattatyyppisiä ovat suorakaiteen muotoisia neljän paalun varaan perustettavia laattoja tai kolmen paalun varaan perustettavia ns. kolmiolaattoja.

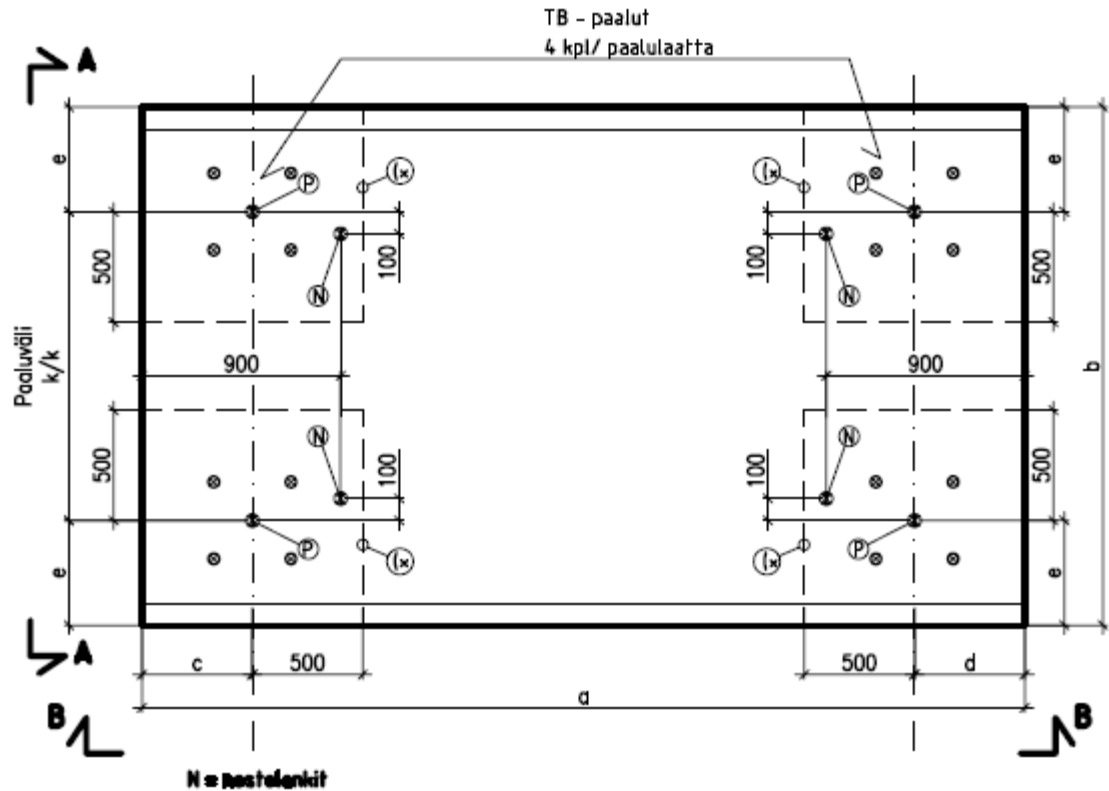
Yleisesti työt tehdään radalla liikennekatkoissa, koska työstä ei saa aiheutua häiriötä liikenteelle. Tärkeimpiä asioita ratakatkoissa rakennettaessa ovat huolellinen suunnittelu sekä kaluston riittävä kapasiteetti. Työn sujuvuuden kannalta suunnittelu tulee olla avainasemassa, jotta katkolla on riittävä määrä kaivinkoneita, siirtokoneita sekä tarpeeksi järeätä nostokalustoa.

Elementtilaattoja voidaan rakentaa teräsputki- tai teräsbetonipaalujen varaan. Yleensä radankorjauskohteissa paalutus tehdään ratapenkereen lävitse liikennekatkossa tai turvamiesmenettelyin. Teräsputkipaaluilla paalutustyö on helpompi toteuttaa kuin teräsbetonisilla paaluilla, koska paalut ovat pienempiä. Kun teräsputkipaaluja lyödään maahan, ne syrjäyttävät maata vähemmän kuin teräsbetoniset paalut, jolloin aiheutuu pienempiä tärinöitä ja massojen siirtymisiä radassa tai ratarakenteessa. Teräsbetoniset paalut ovat järemämpiä kuin teräsputkipaalut, tällöin varsinkin heikoilla maaperillä on vaarana ratapenkereen muodonmuutokset tärinästä johtuen. Paalujen katkaisu on tärkeässä osassa kun paaluja lyödään turvamiesmenettelyin, tästä ei saa aiheutua häiriötä liikenteelle.





Kuvassa 10 esitetty neljän paalun varaan asennettava elementtilaatta toimii rakenteellisesti samalla tavalla kuin kolmiolaatta. Rakennetta voidaan käyttää siltojen tai suurempien paalukenttien jatkuvina paalulaattoina tai siirtymärakenteina.

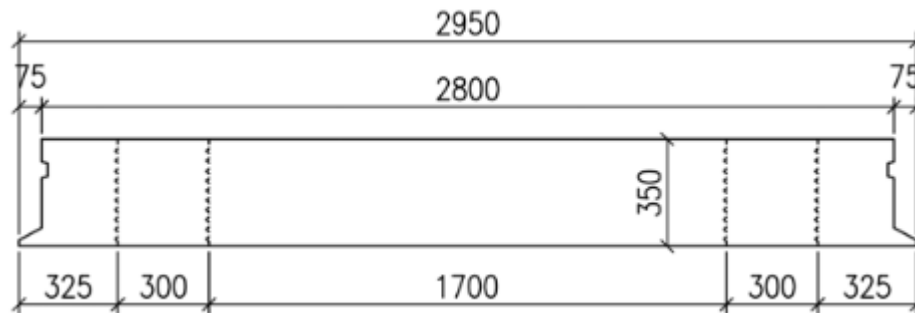


Kuva 10. Neljän paalun varaan asennettava elementtilaatan mittakuva (SITO).

Kuten muutkin vastaavat elementtilaatat, valmistetaan laatat työmaalle rakennetun työtason tai sapluunan päällä, jossa elementtejä pystytään rakentamaan kerralla useampia. Tämä on kokonaisuudessaan kustannustehokasta. Elementtilaattojen siirto on myös huomioitava kustannuksissa ja ajankäytössä.

### 3.4.2 EP elementtipaalulaatta

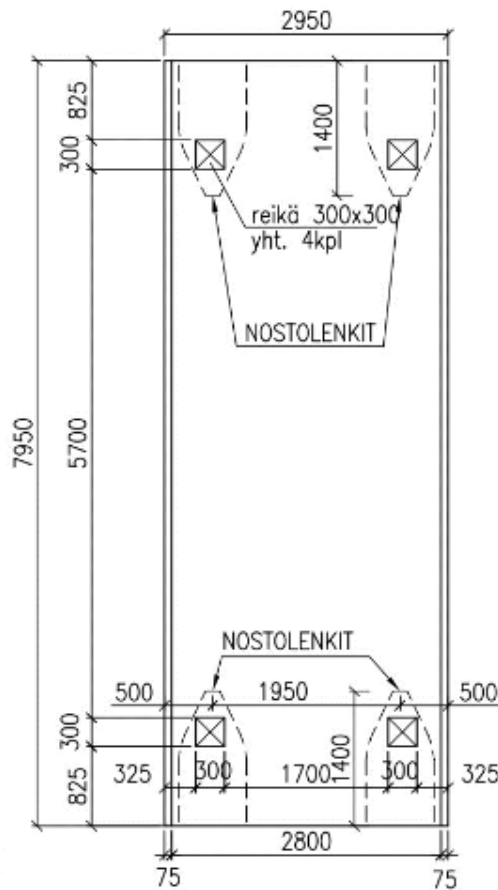
Kuvissa 11 ja 12 esitetyt EP elementtipaalulaatat ovat suorakaiteen muotoisia sekä voimakkaasti raudoitettuja teräsbetonisia laattoja. Laattojen paino voi suurimmillaan olla 20 tonnia, mikä vie asennukseen tarvittavan nostokapasiteetin äärirajoille. Laattatyyppi on suunniteltu kestämään vaihdealueen kuormayhdistelmät, joten laatoilla on yksi kohde rakennettu Ruha - Lapua kaksoisraiteella.



Kuva 11. EP elementtipaalulaatan poikkileikkaus (Partala 2015, 11).

Laatat tukeutuvat neljän paalun varaan, mikä sallii laatoille hyvät kantokyvyt. Useammasta elementtilaatasta koostuva 30 metrin laattakenttä vastaanottaa radan vaakakuormat vinopaalujen ja paalujen vaakavastuksen avulla. Elementtipaalulaattoja on mahdollista käyttää niin vaihdealueella kuin suorilla perusparannusosuuksilla. Paalujen kiinnitys laattaan tapahtuu paalujen päälle asennettavien paaluhattujen sekä jälkivalun yhteistoiminnasta.

Elementtilaatat valmistetaan yleensä työmaalla eri paikassa, jossa itse elementtien asennus tapahtuu. On todettu järkeväksi, että työmaalla rakennetaan työtaso tai sapluuna, jossa elementtejä pystytään rakentamaan kerralla useampia. Tämä on kokonaisuudessaan kustannustehokasta. Elementtilaattojen siirto on myös huomioitava kustannuksissa ja ajankäytössä. Koska suurimmat elementtilaatat painavat jopa 20 tonnia, on työmaalle saatava nostokapasiteetiltaan riittävän suuri nosturi. Tällöin on huomioitava asennuskohteessa, että kantavuus on riittävää työmaateillä, asennuspaikalla laattojen välivarastoinnissa ja nostokaluston omalle painolle.



Kuva 12. Elementtilaatan tasokuva (Partala 2015, 12).

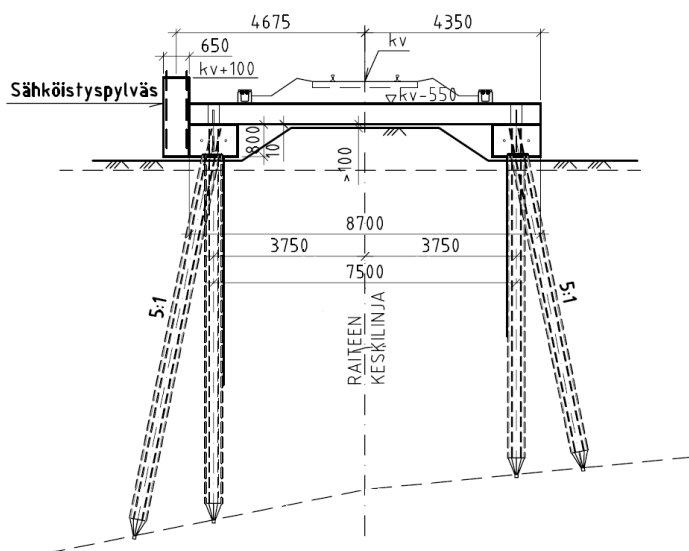
Paalulaatan toiminta perustuu pitkälti maaperän lujuusominaisuuksiin, joka saattaa aiheuttaa rajoituksia suunnittelussa, esimerkiksi laatalle voi kohdistua suuria vaakakuormia, jolloin paalujen sivuvastus voi tulla rajoittavaksi tekijäksi. (Partala 2015.)

### 3.5 Jännitettävät elementtilaatat

Teräsbetonisille elementtilaatoille vaihtoehtoinen rakenneratkaisu voi olla esijännitetty elementtilaatta. Esijännityksestä aiheutuvia hyötyjä laatalle on, että laatta voi olla jännityksen ansiosta hoikempi, mikä keventää rakenteen omaa painoa. Jos jännitetty rakenne ei ole vedeneristetty, sitä ei suositella rakennettavaksi paikkoihin, jossa laatan kuntoa ei pysty silmämääräisesti tarkastamaan. Tämä johtuu siitä että rakenteen pitkäaikaiskestävyydestä ei voida olla täysin varmoja.

Esijännitetyillä elementtilaatoilla on rakennettu ainoa korjauskohde Ermanninsuon paalulaatalla, jossa oli paaluhattujen varaan rakennettu raudoitettu paalulaatta. Kohteeseen rakennetut sienilaatat olivat laattaosan kutistumisen sekä sieniosan ja laatan välisen pinnan heikosta tartunnasta johtuen aiheuttanut sienien irtoamisen. Tällöin sieniosa oli haljennut keskeltä sekä paalut olivat tunkeutuneet lävitse mitallisesti pienestä laattaosasta, jonka paksuus kohteella oli mittaustulosten perusteella 140-160mm. Betoni sekä raudoitus kohteessa oli kunnossa. Kuvan 13 mukaisesti kohteeseen kehitettiin uusi menetelmä, jolla ratarakenne saataisiin korjattua vaatimusten tasolle. Radan reunaan lyötiin teräspuikipaalut, joiden varaan asennettiin pitkittäispalkki, joka teräsvaarnoilla yhdistettiin toisiinsa sekä päälle asennettaviin esijännitettyihin paalulaattoihin. Elementtilaattojen asennus suoritetaan joko tunkkaamalla ne paikoilleen tai nosturilla asentaen. Saatujen tulosten perusteella voitiin todeta rakenteen toimivan odotuksia paremmin. (Mikkonen 2005, 64-72.)

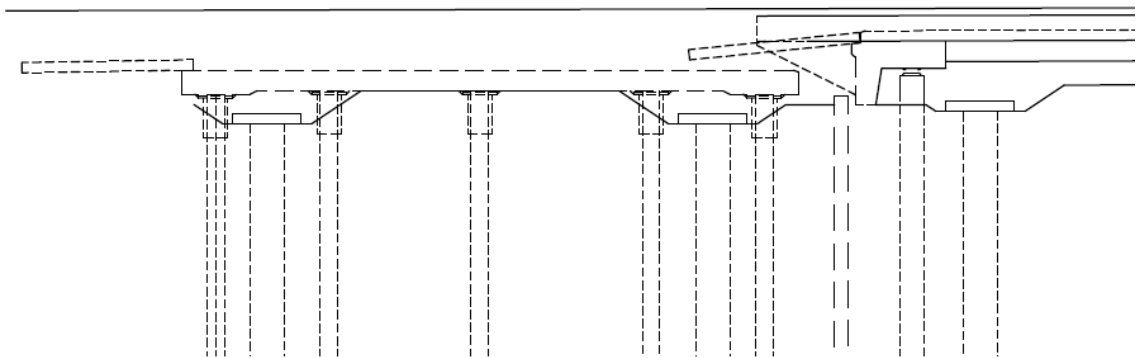
Käyttökokemuksiltaan kapeiden laattaelementtien taipumisesta aiheutuu "pianonkieli" efekti, jolloin junan kuljettaja sekä matkustajat tuntevat paalulaattakohdan elementtien liikkeen junassa.



Kuva 13. Ermanninsuon paalulaatan poikkileikkaus (Kallio 2005).

### 3.6 Siirtymärakenne

Radan epäjatkuvuuskohtiin, joissa radan alusta muuttuu äkillisesti saaden aikaan dynaamisia kuormia ja painumia, rakennetaan lähes aina siirtymärakenne, kuten kuvassa 14 on esitetty. Siirtymärakenteina käytetään paikallavalettavia siirtymälaattoja tai elementtirakenteisia siirtymälaattoja. Rakenne voidaan myös toteuttaa kevenneratkaisuna käyttäen painoltaan kevyempiä materiaaleja kuten kevytsoraa tai EPS-solumuovia.



KUVA 14. Siirtymälaatat sillan sekä paalulaatan jatkoina. (Destia 2015)

## 4 PAALULAATTOJEN KUSTANNUKSET

### 4.1 Laskentaperiaatteet

Paalulaattojen kustannuksia on laskettu FORE- kustannuslaskentaohjelmalla käyttäen maanrakennuskustannuksien kokonaisindeksiä lokakuulta 2014, mr-indeksi 10/2014 = 112,7. Kustannukset ovat laskettu käytössä oleville tai mahdollisesti käytettäville paalulaattavaihtoehdoille. Laattatyypin kustannukset ovat jaettu kahteen osioon: paikallavalettaviin laattoihin sekä liikennekatkoissa tehtäviin paalulaattoihin.

Paikallavalettavien laattojen määrälaskennassa käytettiin toteutuneita materiaalimenekkejä kohteen Ruha - Lapua kaksoisraiteen mukaisesti, yhden laatan leveys oli 8,4 m ja pituus 36 m. Samalla työmaalla rakennettu EP-elementtilaatan toteutuneita menekkejä hyödynnettiin, laattakentän pituus oli 30 m ja se sisälsi kymmenen elementtilaattaa.

Jännitettävien elementtilaattojen työkohteesta Ermanninsuon paalulaatasta ja sen korjausmenetelmästä on Terhi Mikkosen kirjoittama diplomityö, jossa selviää Ermanninsuon paalulaatan työsaavutus sekä toteutuneet kustannukset. Tunkattavien paalulaattojen kustannusarvion sekä työtavat ovat Destia Oy:ltä saatuja.

Apusillan alla rakennettavaa paalulaattaa ei ole rakennettu vielä, joten kyseisen laattatyypin kustannukset ja ajankäyttö ovat arvioita.

Kaikilla paalulaattatyypeillä on oletuksena käytetty paalujen pituutena 20 m. Paalulaattatyypin laskenta on tehty oletuksena laatan yleisen käytettävän koon mukaisesti, joten laskennassa eivät paalulaattojen kokonaispinta-alat ole samoja.

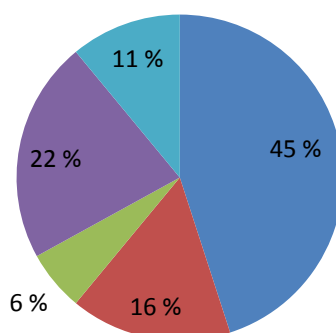
## 4.2 Paikallavalettavat laatat

Paikallavalettavissa laatoissa laskentaosiossa keskityttiin yleisimmin käytettyihin laattatyyppeihin eli tasapaksuun ja sienilaattaan. Kustannuslaskennassa selvisi, että kustannuksien sekä ajankäytön kannalta työssä paalutus, muottityöt sekä rakenteen betonointityöt olivat sekä kustannuksiltaan että ajankäytöltään lähes samanarvoisia.

Kuvion 1 mukaisesti tasapaksulla laattalla huomioitava kustannuspiikki syntyy raudoituksessa, koska tasapaksulla laattalla tarvitsee erityisesti huomioida paalun läpileikkautuvuus. Tämä estää käyttämästä mattoraudoitetta, koska läpileikkautuvuuden hallintaan tarvitsee raudoitushakasten olla jokaisella paalulinjalla. Sienilaatalla raudoitus on hyvin yksinkertainen, koska laattalla sienet parantavat laatan lävistyskapasiteettia. Mattoraudoitteen käyttö on tällöin mahdollista ja myös suotavaa nopeuttamaan raudoitustyötä.

### Tasapaksu laatta

■ Paalutus ■ Kaivu ja pohjatyöt ■ Muottityöt ■ Raudoitus ■ Betonointi

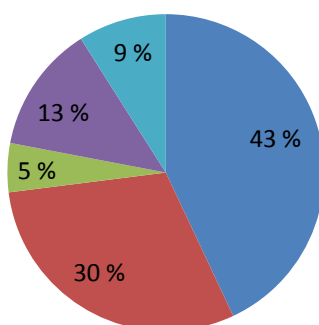


KUVIO 1. Tasapaksun laatan prosentuaalinen kustannusjakauma.

Kuvion 2 mukaisesti sienilaatalla kustannuksia lisääväksi tekijäksi syntyi sienien muotoilutyö. Tämä vuoksi toteuttajan on syytä valmistaa sienien mittapiirustuksien mukaisia teräksisiä muotteja useampia kappaleita, joita työryhmä käyttää muotoilutyössä. Tämä työvaihe on esivalmisteluiden lisäksi myös suunnattoman hidas työvaihe, josta syntyy mies- ja konetyötunneista kustannuksia, ja pahimmassa tapauksessa työvaihe aiheuttaa aikataulutuksessa ongelmia seuraavien työvaiheiden aloitukseen. Tasapaksulla laattalla kyseistä ongelmaa ei synny niin suuressa määrin, koska laattatyypillä on pohjatöissä linjat erittäin yksinkertaisia sekä suoria.

## Sienilaatta

■ Paalutus ■ Kaivu ja pohjatyöt ■ Muottityöt ■ Raudoitus ■ Betonointi



KUVIO 2. Sienilaatan prosentuaalinen kustannusjakauma.

### 4.3 Liikennekatkoissa asennettavat elementtilaatat

Liikennöidyllä radalla rakennettavien paalulaattojen kustannukset ovat huomattavasti suuremmat verrattaessa uudelle radalle rakennettaviin paikallavalulaattoihin. Suurimpia kustannuseriä elementtilaatoissa syntyy paalutuksesta sekä itse ratakatkossa tehtävistä töistä, koska tällöin on kalusto- ja mieskapasiteettia oltava työmaalla, jotta katkon aikana suunnitellut työt saadaan tehtyä.

Liikennekatko edellyttää paljon ennalta tehtäviä töitä, kuten elementtien siirto asennuskohteelle, alueen käytön suunnitelmia massojen sekä laattojen paikoista. Lähes aina ratakatkot ovat viikonloppuisin, jolloin on huomioitava, että kaluston ja työntekijöiden saatavuus saattaa olla haastavampaa ja tuntihinnat ovat korkeammat kuin arkisin.

EP-elementtipaalulaattojen paalutuksessa on suotavaa käyttää teräspuutkipaaluja johtuen paalujen katkaisun helppoudesta välittömästi paalun lyönnin jälkeen. Myöskin teräksiset paalukannot ovat helpompia siirtää sivuun kuin betoniset. Oikeaan korkeuteen katkaistujen teräspuutkipaalujen päälle paaluhatut saa sopimaan tasaisesti. Teräspuutkipaalut ovat kuitenkin metrihinnalta kalliimpia kuin teräsbetoniset paalut.



Kolmiolaatalla sekä neljän paalun varaan asennettavalla laaatalla kustannusjakauma on lähes samanlainen. Laattatyyppejä käytetään siltojen tai suurempien paalulaattakenttien tausta paalulaattoina, ja näiden siirtymäpaalulaattojen pituus on maksimissaan 20 m. Kyseisillä laatoilla paalutuksen osuus on ylivoimaisesti suurin yksittäinen kustannuserä.

Apusillan alla rakennettavan paalulaatan kustannuksia on haastavaa arvioida, koska rakennetta on suunniteltu mutta ei toteutettu. Kuitenkin suurimmaksi kustannuspiikiksi laattatyypillä erottui apusillan asennustyö, joka aiheuttaa kustannuksia noin 85 000 €, tähän sisältyy apusillan siirtoon tarvittavien koneiden ja laitteiden vuokrat. Apusillan alla rakennettava paalulaatta osoittautui vaihtoehtoista kaikista kalleimmaksi ratkaisuksi.

Jännitettävät elementtilaatat ovat työteknisessä mielessä hyvä vaihtoehto, koska paalulaattatyypillä pitkittäispalkit tasaavat kuormitusta. Jännitettävillä elementtilaatoilla paalutuksen ei tarvitse olla niin tiheätä kuin muilla laattatyypeillä, tästä syystä kustannukset ovat paalutuksen osalta alhaisemmat kuin osalla laattatyypeistä. Pitkittäispalkkien päälle tulevan laattakenttä on mahdollista tilata valmiina elementteinä, jolloin niitä ei tarvitse rakentaa työmaalla. Täten saadaan tehtyä kustannus- sekä aikataulusäästöjä.

Tunkattavia paalulaattoja on mahdollista käyttää kohteissa, joissa tehdään muitakin tunkkaustöitä, esimerkiksi siltojen jatkuvina paalulaattoina on kyseinen vaihtoehto hyvä. Tunkkauskaluston kustannukset pienenevät, kun usemman tunkkauksen voi tehdä samassa liikennekatkossa. Myöskin laattatyypin etuna on, että paalulaatta on helppo rakentaa raiteen sivustalla.

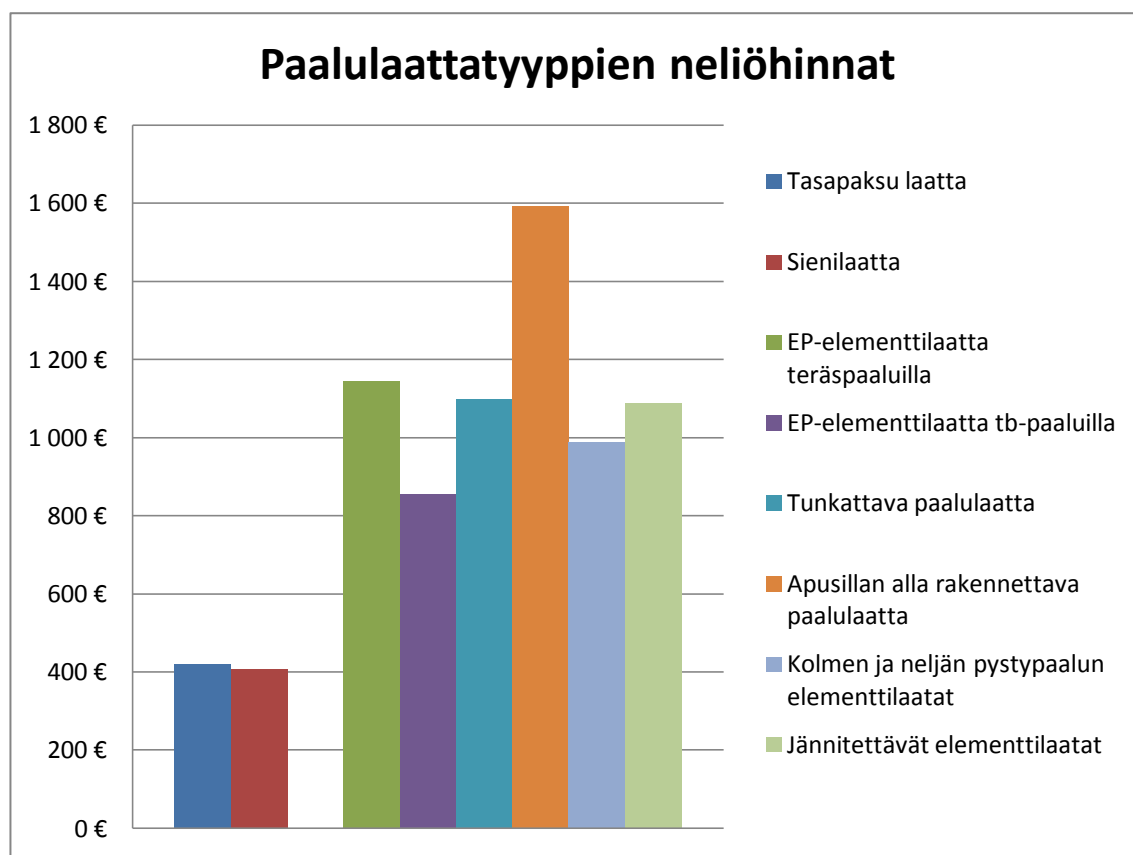
#### 4.4 Kustannusvertailu

Kappaleessa on vertailtu käytettyjä paalulaattatyyppejä sekä niiden kustannusten syntyä (ks. liitteet 1 - 9). Paalulaattojen kustannuslaskelmat on suoritettu FORE-kustannulaskentaohjelmalla, ja laskennassa käytetyt massamäärät on saatu kohteiden suunnitelmapiirustusten mukaisesti. Materiaali- sekä työmäärät on laskettu ohjelmalla yhteen, ja laattatyyppeiden laskennalliset neliöhinnat on esitetty taulukossa 1 sekä kuviossa 3. Laskelmissa käytetyt paalujen pituudet ovat oletuksena 20 m.

TAULUKKO 1. Paalulaattatyyppeiden neliöhinnat.

<b>Paalulaattatyyppi</b>	<b>Laatan neliöhinta</b>
<b>Tasapaksu laatta</b>	407 €/m <sup>2</sup>
<b>Sienilaatta</b>	420 €/m <sup>2</sup>
<b>EP elementtilaatta teräsputkipaaluilla</b>	1143 €/m <sup>2</sup>
<b>EP elementtilaatta teräsbetonipaaluilla</b>	855 €/m <sup>2</sup>
<b>Tunkattava paalulaatta</b>	1099 €/m <sup>2</sup>
<b>Apusillan alla rakennettava paalulaatta</b>	1592 €/m <sup>2</sup>
<b>Kolmiolaatta</b>	986 €/m <sup>2</sup>
<b>Neljän paalun elementtilaatta</b>	985 €/m <sup>2</sup>
<b>Jännitettävät elementtilaatat</b>	1088 €/m <sup>2</sup>

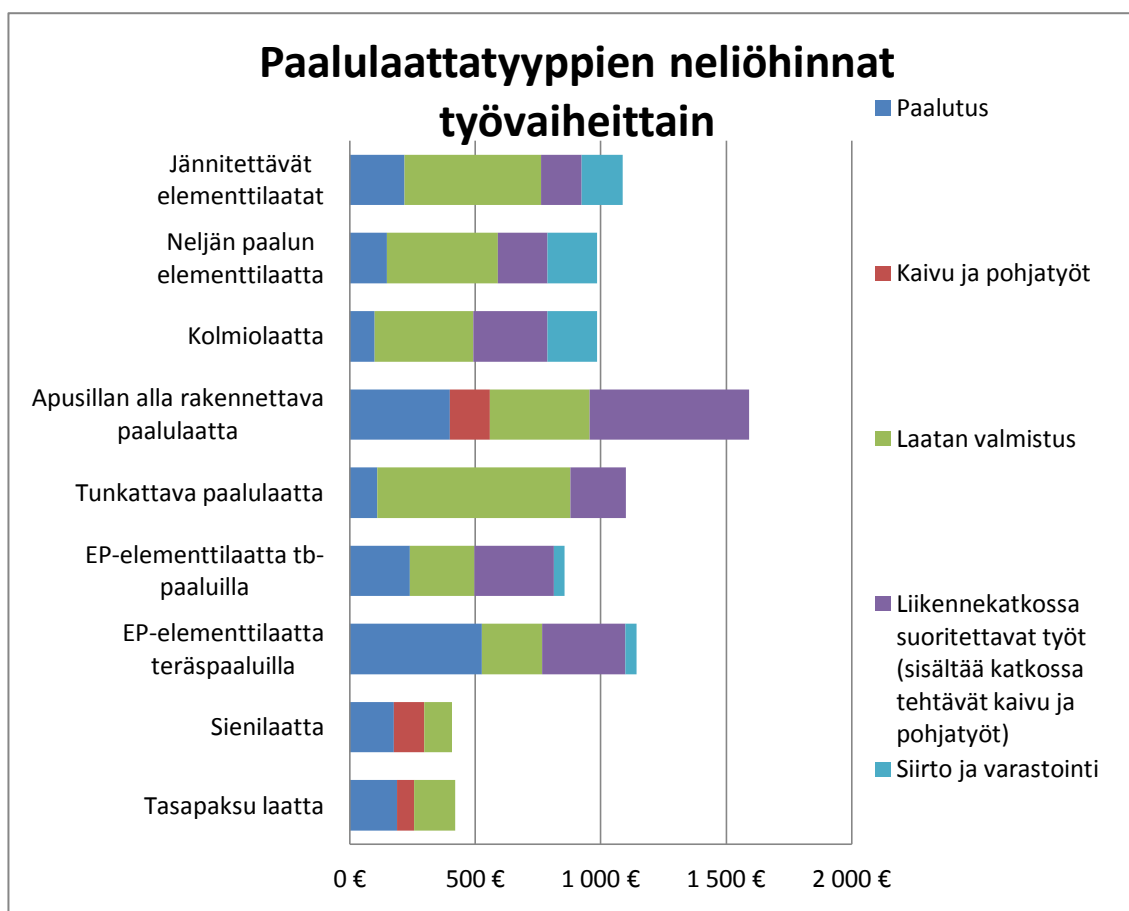
Paikallavalulaattoja vertailtaessa on huomioitavaa, että laattatyyppejä voidaan rakentaa vain alueelle, jossa ei ole liikennettä eikä tiukasti rajoitettua rakennusaikaa. Paikallavalulaatat ovat lähes samanarvoiset neliökustannukset niin tasapaksulla kuin sienilaatalla. Paalulaattaa valittaessa kannattaa huomioida kyseisen alueen maaperäolosuhteet. Jos rakennetavalla alueella pohjaveden pinta on korkealla, saattaa tämä aiheuttaa haittaa sienilaatalla sienien muotoilutyössä. Työajallisesti paikallavalulaatat ovat lähes yhtä nopeita rakennusvaihtoehtoja: sen mitä sienilaatta hyötyy tasapaksuun laattaan verrattuna raudoituksessa, häviää se sen ajan kaivu- ja pohjatyöissä. Laattatyypeillä paalutus, muotti- sekä valutyö ovat kustannuksiltaan ja ajankäytöltään yhteneviä, joten paikallavalulaatoilla nämä työvaiheet eivät eroa toisistaan.



KUVIO 3. Paalulaattatyypin neliöhinnat.

Elementtipaalulaattojen kustannukset ovat paikallavalulaattojen kustannuksiin nähden huomattavasti suuremmat, koska työt on tehtävä liikennekatkoissa, tällöin ratkaisuvaihtoehdot ovat erilaiset kuin paikallavalettavissa paalulaatoissa. Ratkaisuvaihtoehdosta riippuen kustannuksiin vaikuttavat suuresti liikennekatkojen määrät sekä kaluston saatavuus työvaiheisiin. Huomioitavaa on, että paalutuksen osuus on suuri jokaisella laattatyypillä. Yleisesti paalutyyppinä käytetään teräspalkkipaaluja, jotka ovat huomattavasti kalliimpia kuin teräsbetonipaalu.

Kuvion 4 mukaisesti tässä työssä verrattiin, mistä työvaiheista syntyy suurimpia kustannuksia eri laattatyypeille. Täten saatiin laattatyypeille arvioitua, kuinka paljon työvaihe vie laattatyypin kustannuksista. Laatan valmistuksen osuus on merkittävä jokaisella laattatyypillä, ja sen lisäksi paalutuksen osuus on merkittävä useimmissa paalulaattavaihtoehdoissa. Liikennekatkojen työosuudet vaikuttavat kaikilla paitsi paikallavalu laattatyypeillä. Kaivu ja pohjatöillä tarkoitetaan työtä, jotka on tehty muualla kuin liikennekatkossa eli paikallavalulaattojen kaivu ja pohjatyöt.

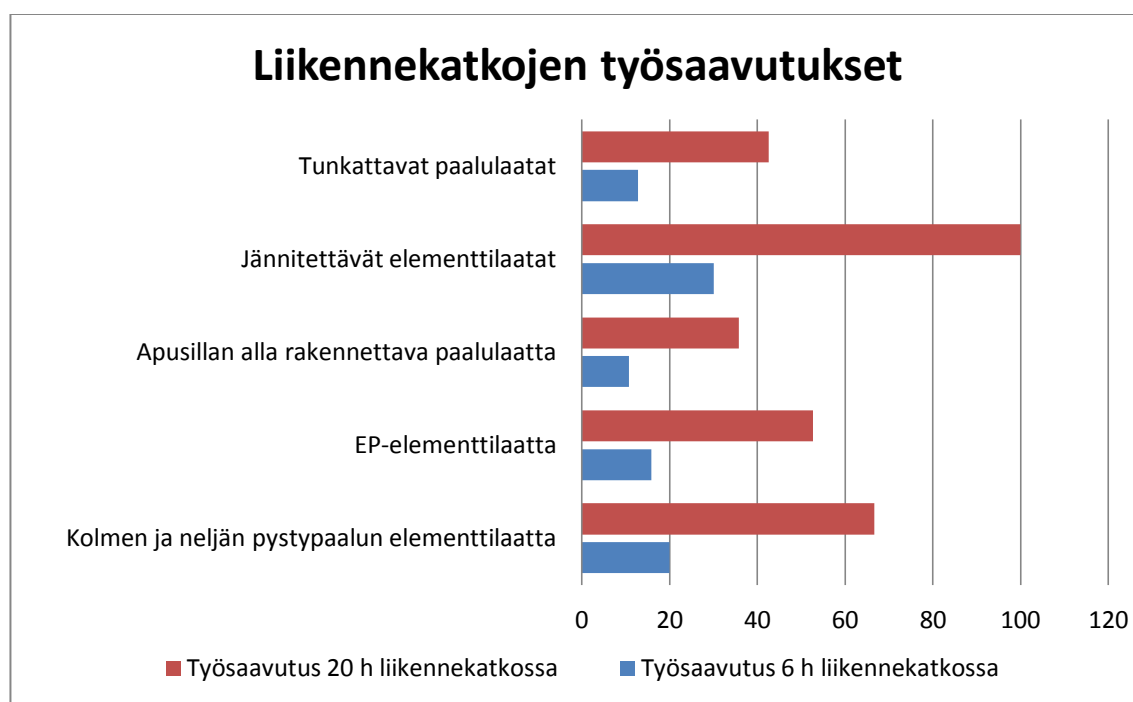


KUVIO 4. Paalulaattatyötyyppien neliöhinnat työvaiheittain.

Taulukossa 2 ja kuviossa 5 on esitetty liikennekatkoissa asennettavien laattatyötyyppien ajankäyttöä. EP-elementtilaatalle saavutetut ajankäytön tiedot ovat Ruha - Lapua kohteelta toteutuneita työsaavutuksia. Jännitettävien elementtilaattojen työsaavutukset ovat Terhi Mikkosen diplomityöstä saatuja toteutuneita työsaavutuksia Ermanninsuon paalulaatalta. Kolmen ja neljän pystypaalun, apusillan alla rakennettavan sekä tunkattavan paalulaatan työsaavutukset liikennekatkossa ovat arvioita.

TAULUKKO 2. Laattatyypin tarvittava ajankäyttö.

Laattatyyppi	Ajankäyttö
<b>Kolmen ja neljän pystypaalun elementtilaatta</b>	Suoritetaan sillan tai suuremman paalulaattakentän asennus katkossa, 20 m laattakentän asennukseen varattava noin 6 tuntia.
<b>EP-elementtilaatta</b>	50 m työsaavutukseen varattava noin 19 tunnin liikennekatko.
<b>Apusillan alla rakennettava paalulaatta</b>	Apusillan asennuksen sekä tarvittavien paalujen lyöntiin varattava aikaa noin 14 tuntia.
<b>Jännitettävät elementtilaatat</b>	Yhdessä 6 tunnin liikennekatkossa saavutus noin 30 m.
<b>Tunkattavat paalulaatat</b>	Pystytään tunkkaamaan sillan lisäksi paalulaatat, sillan molempien päätyjen paalulaatat sillan lisäksi varattava yksi noin 19 tunnin liikennekatko



KUVIO 5. Liikennekatkon työsaavutus metreinä.

#### 4.5 Ratatekniset kustannukset

Radankorjauskohteissa kokonaiskustannuksiin vaikuttava tekijä on ratatekniset kustannukset (ks. taulukko 3). Näitä ovat sähköradan jännitekatko, mahdollisesti ratajohtopylvään tai -perustuksen siirto- tai poistotyö, raide-elementtien poisto ja takaisin asennustyöt sekä apusillan asennustyö.

TAULUKKO 3. Ratatekniset kustannukset.

<b>Työnimike</b>	<b>Kustannusarvio</b>	<b>Yksikkö</b>
<b>Jännitekatko</b>	1000	€ / kpl
<b>Ratajohtopylväsperustuksen siirto</b>	5000	€ / kpl
<b>Rataelementtien poisto ja asennus</b>	16000	€ / 50m *
<b>Apusillan asennustyö</b>	85000	€

\* Työn kustannuksiin vaikuttavat suuresti kaluston saatavuus työkohteelle sekä rataelementtien siirtomatka. Pidempien rataelementtiosuuksien poisto ei ole suoraan verrannollinen taulukon kustannukseen vaan huomattavasti pienempi.

Ratateknisissä kustannuksissa työn todellinen hinta tarkentuu aina kohteella, eli annetut kustannukset ovat suuntaa antavia karkeita hinta-arvioita. Näihin kustannuksiin vaikuttavat aina kohteen sijainti, työkoneiden saatavuus sekä työajankohta.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Liikennöidyn radan perusparannuskohteissa paalulaattatyypin valinta riippuu yleisesti kohteesta, johon rakennetaan. Jos paalulaatta tulee sillan tai suuremman paalulaattakentän siirtymärakenteeksi, on suotavaa käyttää kolmiolaattaa tai neljän pystypaalun elementtilaatta, koska nämä vaihtoehdot ovat kustannuksiltaan sekä työsaavutuksiltaan parhaimmat vaihtoehdot. Jos kohde on tunkattava silta, on hyvä harkita vaihtoehtona tunkattavaa paalulaattaa. Koska liikennekatkossa suoritetaan tällöin enemmän tunkkauksia, niin kustannukset pienenevät hieman ja työsaavutus kasvaa.

Paikallavalulaatoissa on huomattava yhtenevyys kustannuksissa. Rakennusteknisesti suositeltavaa on käyttää rakentamiskohteissa sienilaattaa, kuitenkin kehittäen nopeampia työtapoja laatan sienien muotoiluun. Tasapaksulla laattalla suureksi ongelmaksi ilmeni paalujen läpileikkautuvuus, jota on mahdollista hallita raudoituksella. Kustannuksien sekä ajankäytön kannalta ei tasapaksulaatta näyttäydy vahvemmasi kuin sienilaatta.

EP-elementtilaatta sopii parhaiten, jos rakennetaan vaihdealueelle. Myös laattatyypin liitos paalujen kanssa on suunnitelmallisesti mallikas ja nopea toteuttaa ratakatkossa. Ongelma kyseisellä elementtilaattalla on sen massiivinen paino, joka saattaa aiheuttaa hankaluuksia pehmeiköillä rakennettaessa. Myös jälkivalukaistan betonin kovettumisessa saattaa ilmetä ongelmia lyhyestä lujittumisajasta johtuen. Jatkokehitystä varten kannattanee selvittää vaihtoehto, jolloin teräspalkkipaalujen sijasta käytetään teräsbetonisia paaluja, koska nämä ovat huomattavasti metrihinnaltansa halvempia. Ongelmana tässä ilmeni paalujen katkaisusta mahdollisesti aiheutuva epätasainen paalunpää, jonka päälle paaluhattu on vaikea asentaa tasaisesti.

Jännitetyillä elementtilaatoilla on mahdollista suorittaa suoralla rataosuudella raiteen perusparannusta, mutta jännitettyjä rakenteita ei suositella tehtäväksi, ellei niiden kuntoa pysty silmämääräisesti tarkastamaan ja tällöin jännitetyille elementtilaatoille vaaditaan vedeneristys.

## LÄHTEET

- Destia. 2015. Virusmäen alikulkusilta. Työtapapiirustus. Luettu 28.5.2015.
- Kallio, P. 2005. Ermanninsuon paalulaatan korjaus. Yleispiirustus. Luettu 28.4.2015.
- Kaukola, M. 2015. Haastattelututkimuksen vastaukset. Liite 10. Luettu 27.3.2015
- Kytö, R. 2014. Liminka - Oulu alikulkusiltojen paalulaattaelementin asennus- ja mittapiirustus. Saatu Liikennevirastolta 23.2.2015.
- Liikennevirasto. 2014. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu. Pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 5/2014. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-05\\_paalulaattojen\\_paaluhatturakenteiden\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-05_paalulaattojen_paaluhatturakenteiden_web.pdf). Luettu 17.2.2015
- Liikennevirasto. 2011. Ohje erityistyöstä rautatiealueella. Liikenneviraston ohjeita 10/2011. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj\\_ohje\\_erityistyosta.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj_ohje_erityistyosta.pdf). Luettu 25.5.2015
- Liikennevirasto. 2015. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Liikenneviraston ohjeita 6/2015. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2015-06\\_turo\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-06_turo_web.pdf). Luettu 6.6.2015
- Mantere, P. 2014. Hankkeen Eskola - Ylivieska pehmeikkö 122. Yleispiirustus. Saatu Liikennevirastolta 23.2.2015.
- Mikkonen, T. 2005. Pengerpaalurakenteet liikenteen alaisilla raiteilla. Diplomityö. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Luettu 28.4.2015 [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fcivil.aalto.fi%2Ffi%2Fresearch%2Fgeoengineering%2Fsoil%2Ftheses%2Fmasters%2Fd\\_terhi\\_mikkonen.pdf&ei=3lIGVY\\_OEoWgsgHTiYHoBw&usq=AFQjCNFH9WCifHka0WJEUt6zrYNZxZsYlg&bvm=bv.92291466,d.bGg](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fcivil.aalto.fi%2Ffi%2Fresearch%2Fgeoengineering%2Fsoil%2Ftheses%2Fmasters%2Fd_terhi_mikkonen.pdf&ei=3lIGVY_OEoWgsgHTiYHoBw&usq=AFQjCNFH9WCifHka0WJEUt6zrYNZxZsYlg&bvm=bv.92291466,d.bGg).
- Partala, E. 2015. Ruha - Lapua elementtipaalulaatat. Rakentaminen ja suunnitelmaratkaisut. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2015. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2015-15\\_ruha-lapua\\_elementtipaalulaatat\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-15_ruha-lapua_elementtipaalulaatat_web.pdf). Luettu 13.3.2015.
- Partala, E. 2015. Haastattelututkimuksen vastaukset. Liite 10. Luettu 15.4.2015.
- Ratahallintokeskus. 2009. Sähkörataohjeet. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 22. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b22\\_sahkorataohjeet\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b22_sahkorataohjeet_web.pdf). Luettu 6.6.2015
- SITO, Taustalaattaelementti TL1..TL9 tyyppiirustus. Saatu liikennevirastolta 7.5.2015.
- Turja, R. 2015. Haastattelututkimuksen vastaukset. Liite 10. Luettu 28.5.2015



## LIITTEET

### Liite 1. Tasapaksunlaatan kustannuslaskenta

<b>Koko laskelma Tasapaksulaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	18	42,11 €	747 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	17 115	1,97 €	33 705 €
1321.1	Teräsbetonipaalu TB 300x300b	mtr	1 200	28,61 €	34 329 €
1321.1	Paalujatkos 300x300, teräsbetonipaalut	kpl	60	60,62 €	3 637 €
1321.1	+lisäkustannus katkaisu, teräsbetonipaalut	kpl	60	15,72 €	943 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	121	82,08 €	9 923 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	540	4,33 €	2 340 €
2120	Eristyskerros	m3tr	327	9,38 €	3 071 €
2121.2	Jakava kerros KaM 0-63	m3rtr	151	16,90 €	2 554 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>91 249 €</b>
5100	Rakentamisen johtotehtävät				4 562 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				1 825 €
5400	Työmaapalvelut				1 825 €
5500	Työmaan kalusto				912 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				10 037 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>19 162 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>110 411 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				8 281 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				8 308 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>16 589 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>127 001 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>420 €</b>

## Liite 2. Sienilaatan kustannuslaskenta

<b>Koko laskelma Sienilaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	11	42,11 €	467 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	14 365	1,97 €	28 289 €
1321.1	Teräsbetonipaalu TB 300x300b	mtr	1 200	28,61 €	34 329 €
1321.1	Paalujatkos 300x300, teräsbetonipaalut	kpl	60	60,62 €	3 637 €
1321.1	+lisäkustannus katkaisu, teräsbetonipaalut *	kpl	60	15,72 €	943 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	119	82,08 €	9 768 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	540	4,33 €	2 340 €
2120	Eristyskerros	m3tr	327	9,38 €	3 071 €
2121.2	Jakava kerros KaM 0-63	m3rtr	183	16,90 €	3 097 €
2121.2	Sieniosien muotoilu		1	2 500,00 €	2 500 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>88 440 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				4 422 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				1 769 €
5400	Työmaapalvelut				1 769 €
5500	Työmaan kalusto				884 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				9 728 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>18 572 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>107 012€</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				8 026 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				8 053 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>16 079 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>123 091 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>407,3 €</b>

## Liite 3. EP elementtipaalulaatan kustannuslaskenta teräsputkipaaluilla

<b>Koko laskelma EP Elementtipaalulaatta teräsputkipaaluilla</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	38	42,11 €	1 585 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	17 140	1,97 €	33 754 €
1321.21	Teräsputkipaalun betonointi	m3tr	23	192,07 €	4 489 €
1321.21	Paaluhattu teräsputkipaalu	kpl	40	177,40 €	7 096 €
1321.211	Teräsputkipaalu RRs220/10	mtr	800	91,02 €	72 815 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	78	82,08 €	6 395 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	428	6,06 €	2 589 €
2120	Eristyskerros	m3rtr	315	9,38 €	2 955 €
4999	Ratakatkon työtehtävät (sis. raide-elementin siirron ja radan sähköistyksen katkaisemisen)	kpl	1	51 240,00 €	51 240 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>182 917 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				9 146 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				3 658 €
5400	Työmaapalvelut				3 658 €
5500	Työmaan kalusto				1 829 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				20 121 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>38 413 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>221 330 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				16 600 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				16 655 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>33 255 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>254 585 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>1 143 €</b>

## Liite 4. EP elementtipaalulaatan kustannuslaskenta teräsbetonipaaluilla

<b>Koko laskelma EP Elementtipaalulaatta TB-paaluilla</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	38	42,11 €	1 585 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	17 140	1,97 €	33 754 €
1321.1	Teräsbetonipaalu 1B TB 300x300	mtr	800	33,99 €	27 191 €
1321.21	Teräsbetonipaalun paalujatkos	kpl	40	81,22 €	3 249 €
1321.21	Paaluhattu teräsbetonipaalulle	kpl	40	195,10 €	7 804 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	78	82,08 €	6 395 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	428	6,06 €	2 589 €
2120	Eristyskerros	m3rtr	315	9,38 €	2 955 €
4999	Ratakatkon työtehtävät (sis. raide-elementin siirron ja radan sähköistyksen katkaisemisen)	kpl	1	51 240,00 €	51 240 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>136 761 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				6 838 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				2 735 €
5400	Työmaapalvelut				2 735 €
5500	Työmaan kalusto				1 368 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				15 044 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>28 720 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>165 480 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				12 411 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				12 452 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>24 863 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>190 344 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>855 €</b>

## Liite 5. Kolmiolaatan kustannuslaskenta

<b>Koko laskelma Kolmiolaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	53	42,11 €	2 236 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	10 549	1,97 €	20 774 €
1321.21	Teräsputkipaalun betonointi	m3tr	21	192,07 €	3 976 €
1321.21	Paaluhattu teräsputkipaalu	kpl	40	177,40 €	7 096 €
1321.211	Teräsputkipaalu RRs220/10	mtr	800	91,02 €	72 816 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	48	82,08 €	3 936 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	200	6,06 €	1 208 €
2120	Eristyskerros	m3rtr	147	9,38 €	1 379 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>113 421 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				5 671 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				2 268 €
5400	Työmaapalvelut				2 268 €
5500	Työmaan kalusto				1 134 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				12 476 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>23 818 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>137 239 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				10 293 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				10 327 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>20 620 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>157 859 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>986,0 €</b>

## Liite 6. Neljän paalun elementtilaatan kustannuslaskenta

<b>Koko laskelma Neljän pystypaaluun varaan asennettava elementtilaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	64	42,11 €	2 678 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	10 296	1,97 €	20 276 €
1321.21	Teräsputkipaalun betonointi	m3rtr	21	192,07 €	3 976 €
1321.21	Paaluhattu teräsputkipaalu	kpl	40	177,40 €	7 096 €
1321.211	Teräsputkipaalu RRs220/10	mtr	800	91,02 €	72 816 €
1326	Paalulaatan betonointityö	m3	47	82,08 €	3 841 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	200	6,06 €	1 208 €
2120	Eristyskerros	m3rtr	147	9,38 €	1 379 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>113 270 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				5 664 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				2 265 €
5400	Työmaapalvelut				2 265 €
5500	Työmaan kalusto				1 133 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				12 460 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>23 787 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>137 057 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				10 279 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				10 314 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>20 593 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>157 650 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>985,0 €</b>

## Liite 7. Jännitettyjen elementtilaattojen kustannuslaskelma

<b>Koko laskelma Jännitettävät elementtilaatat</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
4999	Jännitetyt elementtilaatta	raidemetri	30	6 800,00 €	204 000 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>204 000 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				10 200 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				4 080 €
5400	Työmaapalvelut				4 080 €
5500	Työmaan kalusto				2 040 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				22 440 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>42 840 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>246 840 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				18 513 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				18 575 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>37 088 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>283 928 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>1 088,0 €</b>

## Liite 8. Apusillan alla rakennettavan paalulaatan kustannuslaskelma

<b>Koko laskelma Apusillan alla rakennettava paalulaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
1311	Anturaperustusten teline- ja muottityöt	m2tr	28	42,11 €	1 179 €
1311	Anturaperustusten raudoitustyöt betoniteräs A500HW	kg	8 800	1,97 €	17 330 €
1321.1	Teräsbetonipaalu TB 300x300	mtr	1 020	33,99 €	34 668 €
1321.21	Paaluhattu teräspalkkipaalu	kpl	12	177,40 €	2 129 €
1321.211	Teräspalkkipaalu RR220/10	mtr	240	132,75 €	31 860 €
1613	Maaleikkaus	m3ktr	238	6,06 €	1 438 €
2120	Eristyskerros	m3rtr	175	9,38 €	1 642 €
4207.4	Sillan peruslaatan betonointityöt	m3rtr	80	97,26 €	7 781 €
4999	Apusillan asennustyö, sisältää konevuokrat	kpl	1	85 000,00 €	85 000 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>183 026 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				9 151 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				3 661 €
5400	Työmaapalvelut				3 661 €
5500	Työmaan kalusto				1 830 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				20 133 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>38 435 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>221 462 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				16 610 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				16 665 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>33 275 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>254 736 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>1 592,1 €</b>



## Liite 9. Tunkattavan paalulaatan kustannuslaskelma

<b>Koko laskelma Tunkattava Paalulaatta</b>					
<b>Rakennusosat</b>					
<b>Tunniste</b>	<b>Rakennusosa</b>	<b>Yks.</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yks. hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
4999	Tunkattava paalulaatta, 8,1m * 19m	kpl	1	121 541,00 €	121 541 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>121 541 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				6 077 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				2 431 €
5400	Työmaapalvelut				2 431 €
5500	Työmaan kalusto				1 215 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				13 370 €
	<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>25 524 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>147 065 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				11 030 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				11 067 €
	<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>22 096 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>169 161 €</b>
	<b>Laatan neliöhinta</b>				<b>1 099 €</b>

## Liite 10. Haastattelututkimuksen kysymykset.

1 (3)

1. Kerro eri paalulaattojen (tasapaksu-, sieni- ja elementtilaatta) hyödyistä ja haitoista.

Tasapaksu ja sienilaatta:

Yleensä teräsbetonipaalut -> tärinät ja paalujen syrjäyttämät maat -> mahdolliset siirtymät ja muodonmuutokset viereisiin liikennöityihin raiteisiin. (Kaukola)

Haitat: Sienien pohjan muotoilun hitaus tasaiseen pohjaan nähden ja sienimuottien teko siirrot aiheuttavat kustannuksia. Sienien syvennykset keräävät vettä kosteissa pohjaolosuhteissa. (Kaukola)

Elementtilaatta

Putkipaaluilla pienet tärinät ja maan syrjäytymiset mahdollistaa paalun lyönnin raide-elementtejä poistamatta ja työvaiheen jälkeen raidetta tukematta. (Kaukola)

betonipaalujen vaikutus rataa aiheuttaa mahdollisesti raide-elementtien poiston ja uudelleen asennuksen tukemisineen. (Kaukola)

Haitat: Vaihtoehto on paalujen sijainniltaan todella tarkka. Valmistelu kustannukset ovat suuret elementtien valmistuksineen kuljetuksineen. On asennuksessa paljon miestyövoimaa ja konekalustoa (raidenosturit, nosturi ja kaivinkoneet) vaativa vaihtoehto. (Kaukola)

2. Millaiset tekijät voivat vaikuttaa erityisesti paalulaattojen kustannuksiin

a. paalutuksessa?

Liikennekatkot, niiden määrä ja pituus (=aikataulu). (Partala)

Olosuhteet ja tilantarve. (Partala)

b. pohjatöissä?

Aikataulut. (Partala)

Rakennuspaikan sijainti, olosuhteet. (Partala)

Laatan syvyys → kaivu ja täyttömäärät. (Partala)

c. ratateknisistä asioista johtuen?

Sähkörata ja sen läheisyydessä tehtävät työt. (Partala)

Liikennekatkojen määrä ja pituus. (Partala)

3. Millaiselle maaperälle, olosuhteisiin tai kohteisiin sopisi parhaiten

a. Tasapaksulaatta

Kosteammalle alueelle, ei vettä kerääviä syvennyksiä. (Kaukola)

2 (3)

Maaperään jossa paalujen lyönnin aikaiset siirtymät ovat maaperästä johtuen oletettuja, sallii suuremmat sijaintitoleranssit ->korjaus raudoituksella. (Kaukola)

Pienemmät ja nopeasti toteutettavat kohteet, enemmän materiaaleja, helpot pohjatyöt. (Kaukola)

b. sienilaatta

Helpolle maaperälle, pienet sijaintitoleranssit. (Kaukola)

Suuret paalulaatta kohteet, materiaalisäästöt. (Kaukola)

Kuivempiin kohteisiin, sienien täytyminen vedellä. Vesi haittaa koko työnajan ja sienien reunat lossaavat . (Kaukola)

c. Kolmen ja neljän pysty paalun elementtilaatta

Hyödyt:

- Asennuksessa elementtien paino pysyy kohtuullisena ja Hiab autokalustoa helposti saatavissa. (Turja)
- Nopea asentaa liikennekatkolla. (Turja)
- Ei tarvitse ajojohtojen siirtoa (asennus langan alle onnistuu hyvin). (Turja)

Haitat:

- Leukaelementit laatan päissä ( kaivettava syvenpään, mahd. vesiongelma). (Turja)
- Liittyminen siirrettävään / tunkattavaan siltaan (saumaus). (Turja)
- Elementtien varastointi ennen liikennekatkoa asennuspaikalla. (Turja)

d. Jännitetyt elementtilaatat

Hyödyt:

- Jännittämällä saadaan hoikahko rakenne joka vaikuttaa harjateräsmäärää vähentävästi. (Turja)
- Paalutus voidaan toteuttaa vanhan penkan vieressä. (Turja)
- Voidaan toteuttaa pitkänä pätkänä kerralla. (Turja)

e. Tunkattavat paalulaatat

Hyödyt:

- Saa suuren m<sup>2</sup> – määrän kerrallaan paikalle. (Turja)
- Voidaan tehdä raideliikennettä häiritsemättä sivussa paikalla valuna. (Turja)

Haitat:

- Siirtoradan perustukset (paalutus ?). (Turja)
- Laatan alapinta vaatii muotin, ei voi valaa maata vasten. (Turja)

#### 4. Miten eri pohjaolosuhteet pitää erityisesti huomioida

##### a. suunnittelu-

Pohjaolosuhteet määrittävät yleissuunnitteluvaiheessa pohjanvahvistuksen tarpeen ja menetelmät. Rakennussuunnittelussa määritetään pohjanvahvistusratkaisut, niiden laajuus ja toteuttamistavat. Paalulaattojen kannalta olennainen rakennetekninen tekijä on maaperän lujuusomaisuudet. (Partala)

##### b. toteutusvaiheessa?

Paalutuksen työalustat. Huonoilla (=tässä yhteydessä paalutetuilla) pohjamailla maan liikkeen seuranta ja vaikutukset rataan ja rakenteisiin. Riskit, paalutuskoneen kaatuminen → vauriot ja viivästykset. (Partala)